ICS 29.240

F 23

备案号: 31140-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 310 — 2010

1000kV 油浸式变压器、并联电抗器 检修导则

**Guide for AC 1000kV oil-immersed transformer and
shunt reactor maintenance**

2011-01-09 发布

2011-05-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	1
5 检修前的准备工作	2
6 检修项目、周期及要求	2
7 检修后的检查及试验	6
8 投运前的验收及投运后的监视	6
9 投运后的总结报告	7
附录 A (资料性附录) 变压器检修报告格式	8
附录 B (资料性附录) 高压电抗器检修报告格式	11

前 言

为确保 1000kV 油浸式变压器、并联电抗器安全可靠运行，使 1000kV 油浸式变压器、并联电抗器检修工作标准化、规范化，根据国家发展和改革委员会 2007 年行业标准修订、编制计划（发改办〔2007〕1415 号），编制本标准。

本标准根据我国现有 500kV 及 750kV 变压器、并联电抗器多年运行维护检修经验，按照国家、行业编制的有关标准、规范，并结合 1000kV 交流级变压器、并联电抗器的设备结构特点编制。1000kV 变压器、并联电抗器的检修，除应执行本标准外，还应符合相关的国家标准和电力行业标准的规定。

本标准的附录 A、附录 B 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由特高压交流输电标准化技术工作委员会归口。

本标准负责起草单位：国家电网公司、国家电网公司运行分公司、湖北超高压输变电公司。

本标准的主要起草人：王晓希、吴巾克、李健建、原敏宏、王志平、张嘉涛、谢松、李忠全、杨爱民、陕华平、张海燕、秦艳伟、解涛、毛建坤、祁利、李进扬、陈雪松、王浩、丁友。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

1000kV 油浸式变压器、并联电抗器检修导则

1 范围

本标准规定了交流特高压变电（开关）站 1000kV 油浸式变压器及 1000kV 油浸式并联电抗器现场检修的工作要求，不包括返厂进行的解体检修。

本标准适用于 1000kV 油浸式变压器（包括变压器主体、调压变压器）及 1000kV 油浸式并联电抗器（包括电抗器主体、中性点小电抗）的检修工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 1094 电力变压器（IEC 60076—1：1993，EQV；IEC 60076—2：1993，EQV；IEC 60076—3：2000，MOD；IEC 60076—5：2006，MOD；IEC 60076—11：2004，MOD）

GB/T 7252 变压器油中溶解气体分析和判断导则（IEC 60599，1999，NEQ）

GB/Z 24843 1000kV 单相油浸式自耦电力变压器技术规范

GB/Z 24844 1000kV 交流系统用并联电抗器技术规范

GB/Z 24846 1000kV 交流电气设备预防性试验规程

DL408 电业安全工作规程（发电厂和变电站电气部分）

DL/T 573 电力变压器检修导则

DL/T 574 有载分接开关运行维修导则

DL/T 596 电力设备预防性试验规程

DL/T 664 带电设备红外诊断技术应用导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

日常检查 routine maintenance

指不需要停电所进行的维护。

3.2

例行检修 termly maintenance

指定期需要停电进行的检修。

3.3

特殊性检修 special overhauling

指重大危急缺陷及事故处理、设备更换及设备解体检修。

4 总则

4.1 本标准是交流 1000kV 特高压变电（开关）站编制油浸式变压器及并联电抗器年度检修计划的依据，在编制年度检修计划时应考虑对设备状态的评估，但不限于日常维护和例行维修的项目。

4.2 开展现场检修工作时，应根据本标准和设备技术文件编制相应检修作业性文件，若设备技术文件

要求与本标准要求不一致时，宜按严格者执行。

4.3 在本标准中将检修划分为日常检查、例行检修、特殊性检修三大类型，日常检查和例行检修通常按周期定期进行。

4.4 本标准给出的周期适用于一般情况，设备管理者可以依据所属设备状态、地域环境等酌情延长或缩短周期；也可以根据设备状态的实际差异，对同类设备规定不同的周期，但需履行相应的审批手续。

4.5 遇有特殊情况需要变更检修项目时，应履行相关审批手续。

4.6 现场备用设备的检修参照本标准执行。

4.7 检修过程中应做好检修记录，检修完毕将相关资料整理和归档。

5 检修前的准备工作

5.1 资料准备

检修前应对设备的安装情况、运行情况、故障情况、缺陷情况及近期的检修试验等方面情况进行详细、全面的收集，主要包括：

- a) 设备使用说明书、图纸、安装记录。
- b) 设备运行记录（包括发生近区短路、外绝缘积污或电晕放电和在线监测装置的结果等）。
- c) 故障情况记录。
- d) 缺陷情况记录。
- e) 检修、试验记录。
- f) 其他资料。

5.2 作业性文件准备

例行检修应编制标准化作业指导书，具体内容包括检修工艺、流程等；特殊性检修应通过对设备状态评价判定设备的整体状况，以制订具体的检修方案，主要内容如下：

- a) 人员组织及分工。
- b) 检修项目及进度表。
- c) 确保检修安全、质量的技术措施和现场防火措施。
- d) 主要检修工具、设备明细表，主要备品备件和材料明细表。
- e) 绘制现场检修作业定置图。

5.3 工器具、材料、备品备件的准备

应根据检修方案及内容，准备好必要的工器具、试验仪器、备件、辅助材料等。备品备件能与原设备互换，并具有与原设备相同的材料和质量。施工现场准备好电源及照明，安排好大型机具、拆卸附件等的放置地点，消防器材合理布置，作好防雨、防潮、防尘和消防措施。

5.4 检修人员准备

- a) 检修人员应熟悉设备的结构、原理及操作方法，并经过专业培训合格，持证上岗。
- b) 现场解体大修时，应有制造厂的专业人员指导。
- c) 对各检修项目的责任人进行明确分工。
- d) 应提前组织检修人员认真学习作业性指导文件中的内容。

6 检修项目、周期及要求

6.1 日常检查项目、周期及要求

1000kV 油浸式变压器、并联电抗器日常检查项目、周期及要求应符合表 1 的规定。

表1 日常检查项目、周期及要求

序号	项 目	周 期	技 术 要 求	说 明
1	外观检查	1个月 必要时	无异常	6.1.1a)
2	油温和绕组温度检查	1个月 必要时	符合设备技术文件的要求	6.1.1b)
3	吸湿器检查	1个月 必要时	硅胶 1/3 以上处于干燥状态	6.1.1c)
4	冷却系统检查	1个月 必要时	无异常	6.1.1d)
5	在线监测装置检查	1个月 必要时	工作正常	6.1.1e)
6	红外热像检测	1个月 必要时	无异常	6.1.2
7	油中气体色谱分析	3个月 必要时	乙炔 ≤ 1 ($\mu\text{L/L}$) (注意值) 氢气 ≤ 150 ($\mu\text{L/L}$) (注意值) 总烃 ≤ 150 ($\mu\text{L/L}$) (注意值)	6.1.3

6.1.1 日常检查项目说明

- 油位正常，无渗漏油，声响及振动应无异常。
- 记录油温和绕组温度，特别是大负荷时的温度，同时记录当时的环境温度、运行工况和冷却器开启组数。如果温度与以往比较有明显增长，应查明原因。
- 检查吸湿器是否正常，干燥剂颜色变化情况，必要时对干燥剂进行处理。
- 检查冷却系统的风扇是否运行正常，出风口和散热管(器)积污情况，必要时可用高压水冲洗。检查潜油泵有无异常声响、振动，油流指示器指示是否正确，必要时进行处理。
- 检查在线监测装置工作是否正常，必要时进行处理。

6.1.2 红外热像检测

检测油浸式变压器及并联电抗器箱体、储油柜、套管、引线接头、冷控柜引线及继电器等，热图显示温度、温升或相对温差无异常，检查判断应按照 DL/T 664 规定的方法进行。

6.1.3 油中溶解气体分析

变压器出口或近区短路(超过设计运行短路电流的 60%)后，应进行油中气体色谱分析和绕组变形测试。特高压电网发生接地故障后，并联电抗器及其中性点电抗器应进行油中气体色谱分析，具体按照 GB/T 7252 规定的方法进行。

6.2 例行检修项目、周期及要求

1000kV 油浸式变压器、并联电抗器例行检修项目、周期及要求应符合表 2 的规定。

表2 例行检修项目、周期及要求

序号	项 目	周 期	技 术 要 求	说 明
1	所有日常检查项目	1年	6.1	6.1
2	冷却装置冲洗及维修		符合设备技术文件要求	6.2.1
3	调压变压器检查		符合设备技术文件要求	6.2.2
4	安全保护装置维修		符合设备技术文件要求	6.2.3
5	气体继电器检查		符合设备技术文件要求	6.2.4

表 2 (续)

序号	项 目	周期	技术要求	说明
6	测温装置检查	1 年	检查合格	6.2.5
7	油位计检查		检查合格	6.2.6
8	阀门检查		检查合格	6.2.7
9	油箱及附件清扫		检查合格	6.2.8
10	套管检查		检查合格	6.2.9
11	接地系统检查		检查合格	6.2.10

6.2.1 冷却装置冲洗及维修

- a) 启动潜油泵检查其运行声音，必要时对轴承或潜油泵进行更换。
- b) 风扇电机绝缘测量合格，保护网罩完好，风扇转动方向正确，手动转动风机扇叶无卡阻，不摩擦侧壁及外罩，风机安全开关功能正常。
- c) 油流继电器检查，功能正常。
- d) 冷却器（散热器）外观检查并冲洗。
- e) 备用电源切换、检查。

6.2.2 调压变压器检查

- a) 外部检查，储油柜油位在正常位置，吸湿器管道畅通无堵塞无渗漏，本体无渗漏现象。
- b) 无励磁分接开关挡位核对。
- c) 无励磁分接开关机构检查。
- d) 测量装置及控制箱检修及调试，按照厂家相关说明书进行。

6.2.3 安全保护装置（包括储油柜、压力释放阀、压力继电器等）维修

- a) 压力释放阀、气体继电器、压力继电器油窗中油位检查，必要进行排气。
- b) 按照产品说明书进行压力释放阀、气体继电器、压力继电器的功能检查，必要时进行校验。

6.2.4 气体继电器检查

- a) 定值应符合技术文件要求，动作正确。
- b) 二次回路绝缘电阻不应低于 $1M\Omega$ 。

6.2.5 测温装置（包括压力式温度计、绕组温度计、棒形温度计等）检查

- a) 外观良好，相互对比无异常。
- b) 与标准温度计比较，测量结果应符合技术文件要求。
- c) 远方与就地温度指示一致。
- d) 二次回路绝缘电阻不应低于 $1M\Omega$ 。

6.2.6 油位计检查

- a) 外观良好，无卡涩。
- b) 油位指示在正常范围。

6.2.7 阀门检查

所有阀门位置正确、无渗漏油。

6.2.8 油箱和附件检查

油箱和附件外观检查并清扫，必要时进行补漆。

6.2.9 套管检查

- a) 外观检查无损坏、无严重污秽、各密封面不应有渗漏现象。

b) 引线及金具连接完好牢固，套管法兰、末屏与本体应接地良好。

6.2.10 接地系统检查

接地良好，符合设备技术文件要求。

6.3 特殊性检修项目、周期及要求

6.3.1 特殊性检修项目、周期及要求取决于设备的状态评估结果，应符合表3的规定。

表3 特殊性检修项目、周期及要求

序号	项 目	周 期	要 求	说 明
1	变压器内部检查	必要时	按厂家技术要求进行	排油见 6.3.2.1
				内部检查见 6.3.2.2
				油处理见 6.3.2.3
				抽真空和真空注油见 6.3.2.4
				热油循环见 6.3.2.5
2	套管更换			静置排气见 6.3.2.6
3	返厂检修			

6.3.2 排油检修的一般要求。

6.3.2.1 排油。

- 工作要选择晴朗的天气进行，空气的相对湿度不大于 75%；准备化验合格的备用油 5t，合格标准为：击穿电压 $\geq 70\text{kV}$ 、含气量 $\leq 0.8\%$ 、介质损耗因数 ($\tan\delta$) $\leq 0.5\%$ 、含水量 $\leq 8\text{mg/L}$ 、颗粒度大于 $5\mu\text{m}$ 的颗粒数不多于 1000 个/L。
- 检查清扫油罐、油桶、管路、真空滤油机、油泵、干燥空气发生器等，应保持清洁干燥，无灰尘杂质和水分。
- 储油柜内油不需放出时，可将储油柜下面的阀门关闭。
- 排油时，应将油浸式变压器或并联电抗器和油罐的放气孔打开，放气孔接入干燥空气装置，以防潮气侵入，选用的干燥空气装置所制造的干燥空气的露点小于 -40°C ；从排油开始到抽真空以前始终注入干燥空气以维持变压器本体压力为 0.01MPa （或按厂家技术要求执行）；调节滤油机进油阀，控制排油速度不大于 6000L/h 。
- 应采用真空滤油机进行排油。
- 排油详细步骤应按照厂家说明书。

6.3.2.2 内部检查的一般性检查项目。

- 分接引线、铜屏蔽、中性点引线检查。
- 升高座下端均压环连接螺栓检查。
- 磁分路接地螺栓、夹件和铁心接地螺栓检查。
- 器身外表、结构件连接检查。
- 可见部分绝缘件的表面检查、位置检查。
- 其他有针对性的检查。

6.3.2.3 油罐中油处理。

油罐中油在注入油浸式变压器、并联电抗器前应先使用真空滤油机进行处理，处理流量不大于 6000L/h ，油温控制在 70°C ，处理后的油需满足击穿电压 $\geq 70\text{kV}$ 、含气量 $\leq 0.8\%$ 、介质损耗因数 ($\tan\delta$) $\leq 0.5\%$ 、含水量 $\leq 8\text{mg/L}$ 、颗粒度大于 $5\mu\text{m}$ 的颗粒数不多于 1000 个/L。

6.3.2.4 抽真空及真空注油。

- a) 1000kV 油浸式变压器、并联电抗器应进行真空注油，并先进行抽真空，抽真空和真空注油应遵守制造厂规定。
- b) 抽真空达到真空度 13.3Pa 并保持 2h 后，开始向变压器油箱内注油，注油温度宜略高于器身温度，约为 50℃。
- c) 以 3t/h~5t/h 的速度将油注入变压器，距箱顶约 200mm 时停止，并继续抽真空保持 4h 以上，变压器经真空注油后补油时，需经储油柜注油管注入，严禁从下部油门注入，注油时应使油流缓慢注入变压器至规定的油面为止，再静置。
- d) 对油浸式变压器、并联电抗器各气体继电器、油流继电器、压力释放阀、排气阀、排气孔进行排气。
- e) 抽真空及真空注油详细步骤按照厂家说明书，相关技术参数按制造厂规定执行。

6.3.2.5 真空热油循环。

- a) 保证真空热油循环速度为 3000L/h~5000L/h，油温控制在 70℃（或按厂家技术要求执行），热油循环 96h（或按厂家技术要求执行），取油样（上、中、下）化验（油中气体色谱分析、含水量、介质损耗因数、电气强度、颗粒度）合格后停止热油循环。
- b) 在热油循环期间，每间隔 8h 手动启动 4 台潜油泵运行 10min。
- c) 真空热油循环详细步骤按照厂家说明书。

6.3.2.6 静置排气。

- a) 真空滤油完毕后应进行静放排气后方可投运，静置时间为 96h（或按厂家技术要求执行），每 24h 进行一次排气。
- b) 油静止 24h 后取油样进行油化验（色谱、含水量、介质损耗因数、电气强度、颗粒度），其结果在合格范围内。

7 检修后的检查及试验

7.1 检修后的检查

- a) 储油柜和充油套管的油位检查。
- b) 吸湿器油杯的油位检查，硅胶的颜色检查，吸湿器检查。
- c) 阀门状态检查。
- d) 所有控制、保护和信号系统运行可靠，指示位置正确。
- e) 接地装置检查。
- f) 套管型电流互感器二次回路连接正确。
- g) 所有保护装置整定正确并能可靠动作。
- h) 所有的接线盒、端子盒、汇控柜等密封良好。
- i) 改接过的线或端子的恢复检查。
- j) 检查断复引记录，并按厂家规定的力矩抽查断复引情况。
- k) 油浸式变压器（并联电抗器）主体及调压变压器（中性点小电抗器）引线连接正确。
- l) 核查作业指导书或检修方案项目完成情况。

7.2 检修后的试验

油浸式变压器、并联电抗器的试验按照 GB/Z 24846 执行，现场试验项目可依据检修内容确定。

8 投运前的验收及投运后的监视

8.1 投运前验收项目

- a) 检修后必要的试验项目数据符合相关要求。

- b) 检查本体、附件缺陷已消除，无渗漏油现象。
- c) 本体及附件无锈蚀现象，油漆完整，相标志正确。
- d) 变压器顶盖无异物。
- e) 套管外瓷套表面清洁无破损。
- f) 阀门状态正确无误。
- g) 一次引线连接无误，并按厂家规定力矩抽查复引情况。
- h) 接地装置紧固可靠。
- i) 储油柜和充油套管的油位正常。
- j) 吸湿器油杯的油位正常，硅胶的颜色应正常，呼吸正常。
- k) 调整变压器分接开关至运行位置。
- l) 汇控柜、所有端子盒的密封良好。
- m) 压力释放阀、气体继电器、压力继电器等防雨防潮良好。
- n) 改接过的接线要有记录，并要有人检查核对。

8.2 投运后的监视

- a) 对套管和接头等部位进行红外测温监视，各部位的温升应符合有关规定。
- b) 解体检修后按新投运变压器周期进行油中气体色谱分析。
- c) 必要时检测铁芯接地电流（铁芯由套管引至箱外接地的变压器或并联电抗器）。
- d) 监视异常振动和放电声。
- e) 运行温度监视。

9 投运后的总结报告

- 9.1 检修报告。报告格式参照附录 A、附录 B。
- 9.2 检修后如果仍存在无法消除的缺陷，应对设备今后的运行提出建议。
- 9.3 检修后应对设备状态进行一次评价。

附录 A
(资料性附录)
变压器检修报告格式

1000kV 油浸式变压器检修报告

_____ 变电(开关)站

_____ 主变压器

批准: _____

审核: _____

编写: _____

年 月 日

报告以表格形式，内容见表 A.1、表 A.2。

表 A.1 1000kV 变压器检修报告

变电（开关）站	主变压器
型 号	
制造厂及序列号	
上次检修日期	年 月 日
本次检修日期	年 月 日
检修原因	
检修工期	年 月 日至 年 月 日
基本检修项目完成情况（具体项目见表 A.2）	不合格（ ） 合格（ ） 良好（ ） 优秀（ ）
技术改造项目	
检修中处理的主要缺陷	
检修遗留问题	
检修验收意见	
参加验收人员	日期： 年 月 日

表 A.2 1000kV 变压器检修报告

序号	检修部位	检修项目	检修内容及工艺	检修人	检查人	备注
1	本体检修	油箱及附件清洗	表面清洁, 无油迹、灰尘和污垢			
		油位检查	油位处于正常位置			
		密封部件检查	密封部件无渗漏			
		接地检查	接地良好; 无锈蚀部位			
		吸湿器硅胶及油杯检查	吸湿器硅胶至少有 1/3 未变色, 吸湿器玻璃缸无损伤, 吸湿器密封圈、管连接未受损及连接良好; 检查油封完整无损, 呼吸系统油杯里的油清洁透明			
		防腐、生锈处补漆	无生锈点、补漆合格			
		阀门位置检查	阀门在工作位置, 油路处于导通状态			
2	套管	绝缘子检查	表面清洁、无损伤			
		油位检查	油位正常			
		套管各密封面检查	无渗漏油现象			
		引线及金具连接检查	引线及金具连接完好坚固, 力矩符合规定力矩			
3	冷却器 (散热器)	电机、风扇运行检查	无异常声音及振动			
		电机绝缘检查	电机绝缘不低于 0.5MΩ			
		接线盒检查	导线接触良好, 风机接线盒无破损, 电机接线相序正确			
		安全开关检查	能可靠动作			
		散热片检查	散热片清洁无损			
4	潜油泵	潜油泵运行情况检查	潜油泵无异常声音及振动			
		油流指示器检查	油流方向正确、油流指示器功能正常			
		电机绝缘检查	电机绝缘不低于 0.5MΩ			
5	调压变 压器检查	吸湿器硅胶及油杯检查	吸湿器硅胶至少有 1/4 未变色, 油杯里的油清洁透明, 油位处于正常位置			
		密封部件检查	密封部件无渗漏			
		油位检查	油位正常			
		套管外观检查	清洁无破损			
		引线连接检查	接头连接正确可靠			
		挡位核对记录	三相保持一致			
		取油样	试验数据合格			
6	气体继电器检查	本体气体继电器检查	本体气体继电器外观良好, 无渗漏, 试验合格			
		分接头气体继电器检查	分接头气体继电器外观良好, 无渗漏, 试验合格			
7	压力释放 阀检查	本体压力释放阀检查	外观良好, 无渗漏			
		分接头压力释放阀检查	外观良好, 无渗漏			
8	在线监测 装置检查	检查装置工作正常	工作正常			
9	预试	预防性试验	详见试验报告			

附录 B
(资料性附录)
高压电抗器检修报告格式

1000kV 油浸式并联电抗器检修报告

_____ 变电（开关）站

_____ 并联电抗器（中性点接地电抗器）

批准：_____

审核：_____

编写：_____

年 月 日

报告以表格形式，内容见表 B.1、表 B.2。

表 B.1 1000kV 高压电抗器检修报告

变电(开关)站	高压电抗器
型 号	
制造厂及序列号	
上次检修日期	年 月 日
本次检修日期	年 月 日
检修原因	
检修工期	年 月 日至 年 月 日
基本检修项目完成情况(具体项目见表 B.2)	不合格() 合格() 良好() 优秀()
技术改造项目	
检修中处理的主要缺陷	
检修遗留问题	
检修验收意见	
参加验收人员	日期: 年 月 日

表 B.2 1000kV 高压电抗器检修报告

序号	检修部位	检修项目	检修内容及工艺	检修人	检查人	备注
1	本体检修	油箱及附件清洗	表面清洁, 无油迹、灰尘和污垢			
		油位检查	油位处于正常位置			
		密封部件检查	密封部件无渗漏			
		接地检查	接地良好; 无锈蚀部位			
		吸湿器硅胶及油杯检查	吸湿器硅胶至少有 1/3 未变色, 吸湿器玻璃缸无损伤, 吸湿器密封圈、管连接未受损及连接良好; 检查油封完整无损, 呼吸系统油杯里的油清洁透明			
		防腐、生锈处补漆	无生锈点、补漆合格			
		阀门位置检查	阀门在工作位置, 油路处于导通状态			
2	套管	绝缘子检查	表面清洁、无损伤			
		油位检查	油位正常			
		阀侧套管管母及均压环外观	表面清洁无破损			
		套管各密封面检查	无渗漏油现象			
		引线及金具连接检查	引线及金具连接完好坚固, 力矩符合规定力矩			
3	冷却器 (散热器)	电机、风扇运行检查	无异常声音及振动			
		电机绝缘检查	电机绝缘不低于 0.5MΩ			
		接线盒检查	导线接触良好, 风机接线盒无破损, 电机接线相序正确			
		安全开关检查	能可靠动作			
		散热片检查	散热片清洁无损			
4	潜油泵	潜油泵运行情况检查	潜油泵无异常声音及振动			
		油流指示器检查	油流方向正确、油流指示器功能正常			
		电机绝缘检查	电机绝缘不低于 0.5MΩ			
5	气体继电器检查	本体气体继电器检查	本体气体继电器外观良好, 无渗漏, 试验合格			
6	压力释放阀检查	本体压力释放阀检查	外观良好, 无渗漏			
7	预试	预防性试验	详见试验报告			